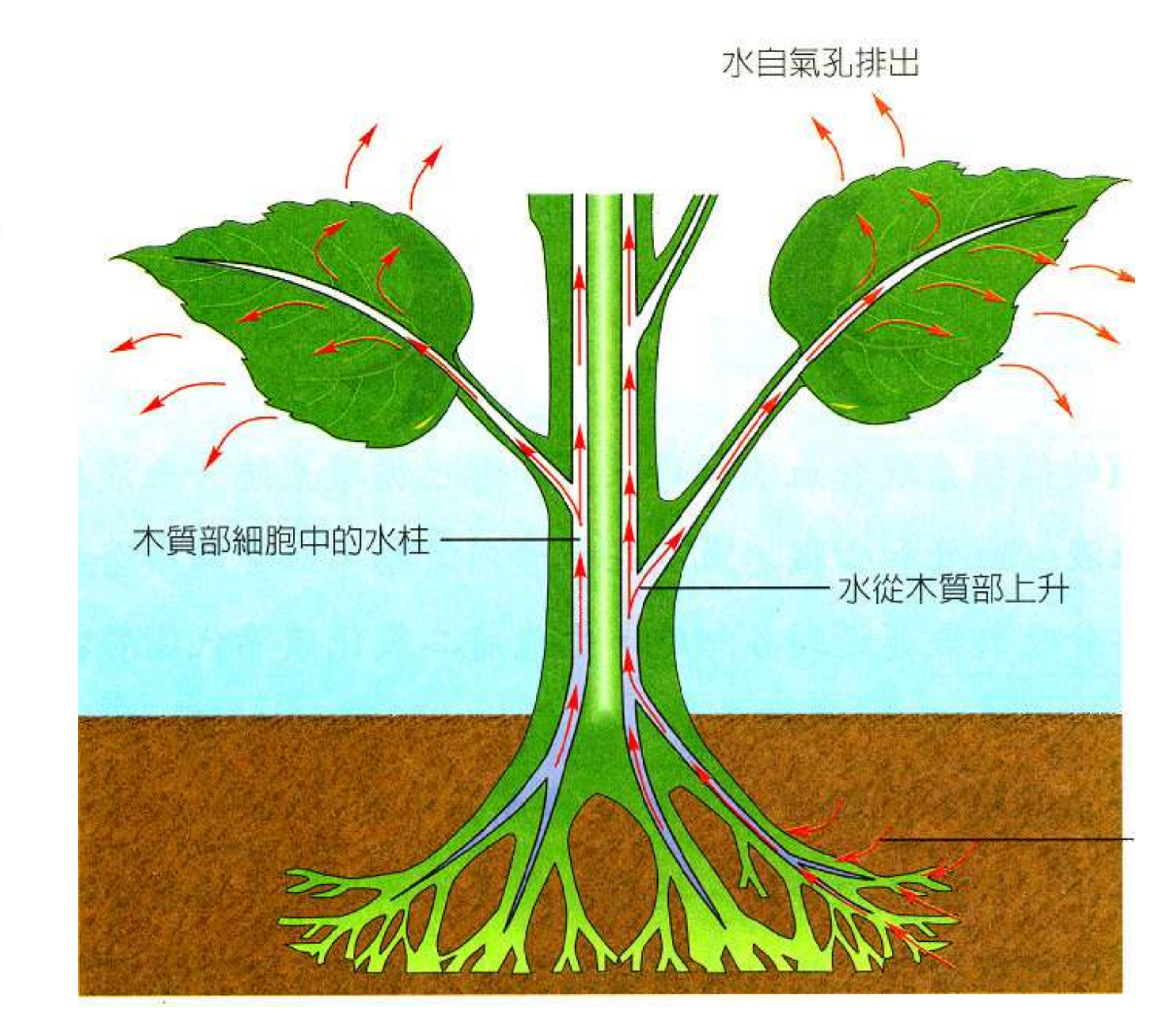
第十八章 植物的营养



❖1.植物的对养分的吸收和运输

❖2.植物的营养与土壤

- 植物最重要养分是光合作用产物——糖。

- 由于植物能利用光合作用产物合成自身所需的各种有机物，因此，我们通常所说的植物营养指矿物质营养，即植物对矿物质的吸收和利用。还有对水的吸收、利用。

一、植物对养分的吸收和运输

1. 植物的空气营养与土壤营养

空气营养：光合作用的发现 → 空气营养

构成植物体的主要是光合作用的产物。

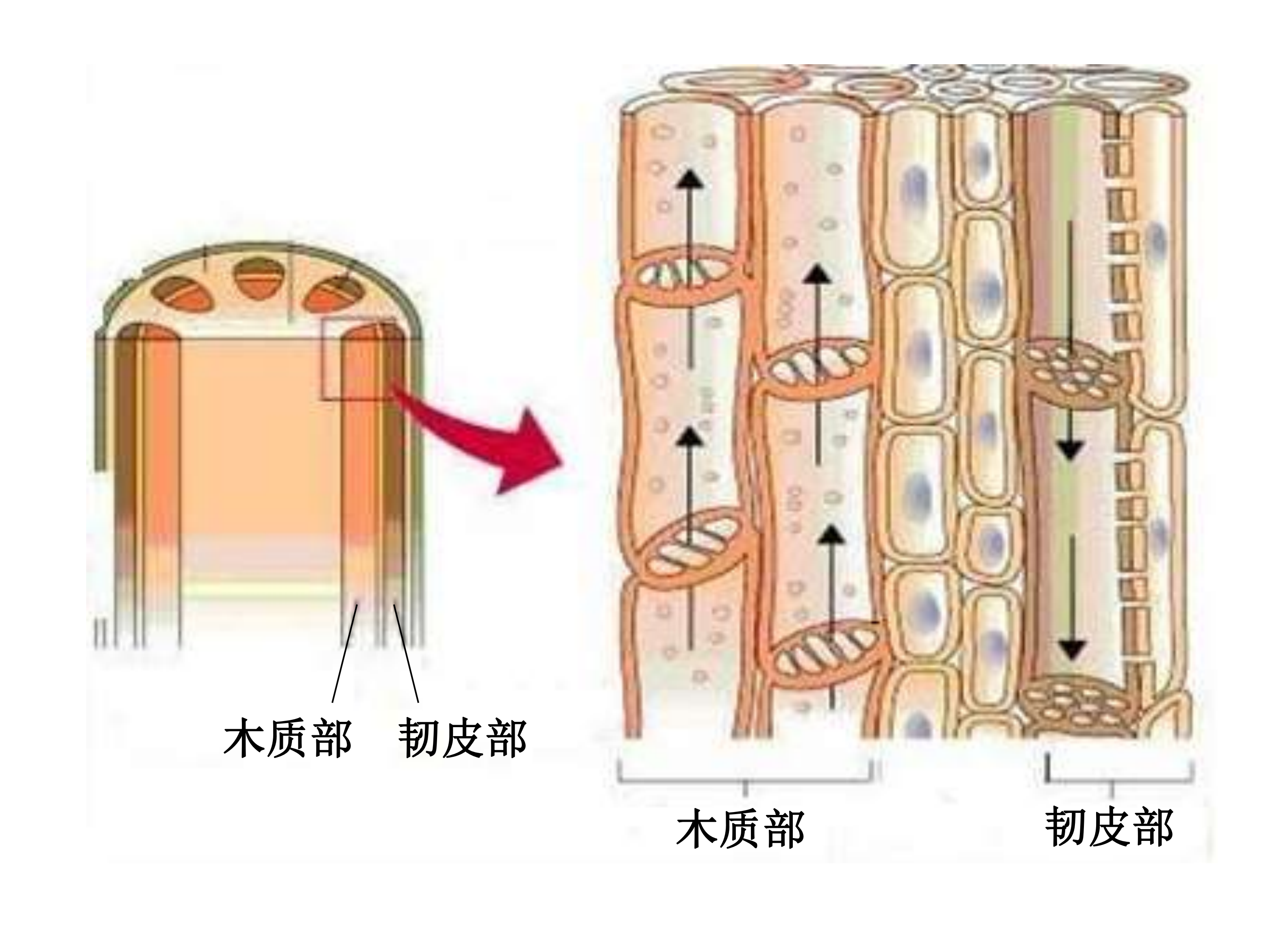
土壤营养：植物从土壤中吸收水分和无机盐。

植物具有空气营养和土壤营养的功能，故根和叶之间必须有物质运输的机制。



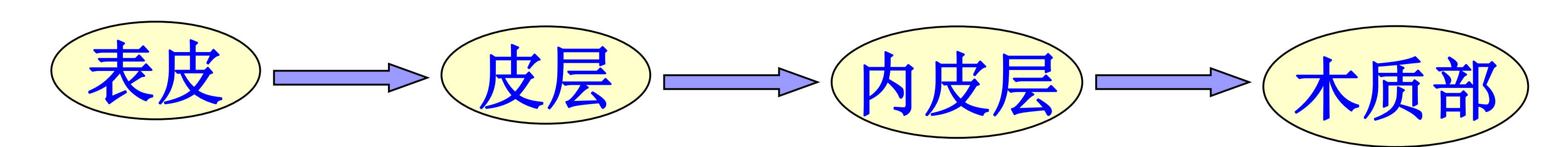
营养物质是如何运输的？ 其能量来源？

植物体内的高速路---维管束



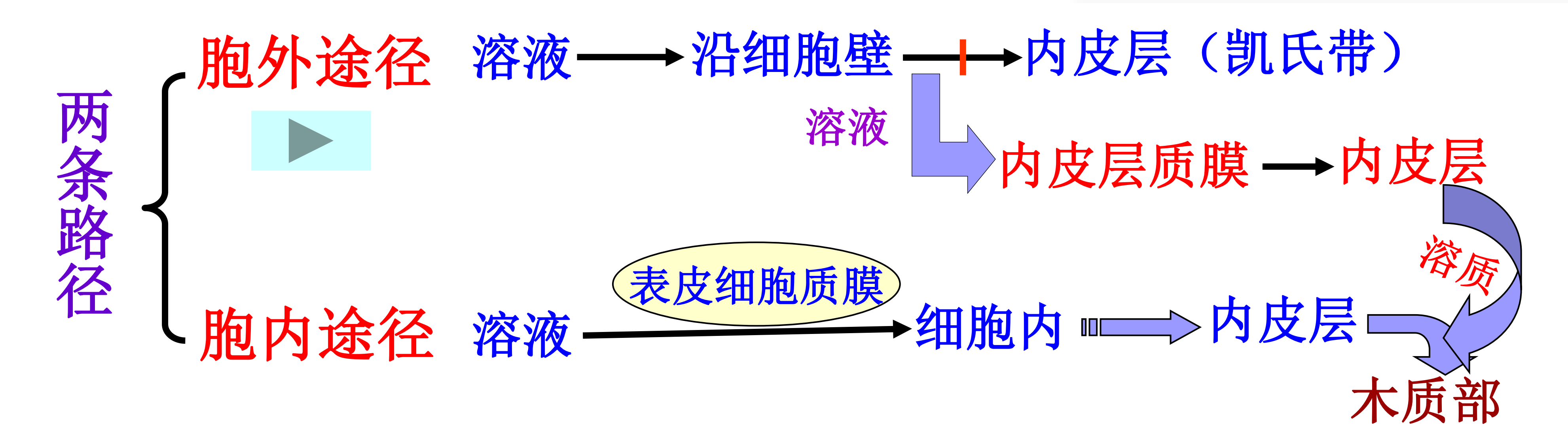
2.根细胞控制养分的吸收

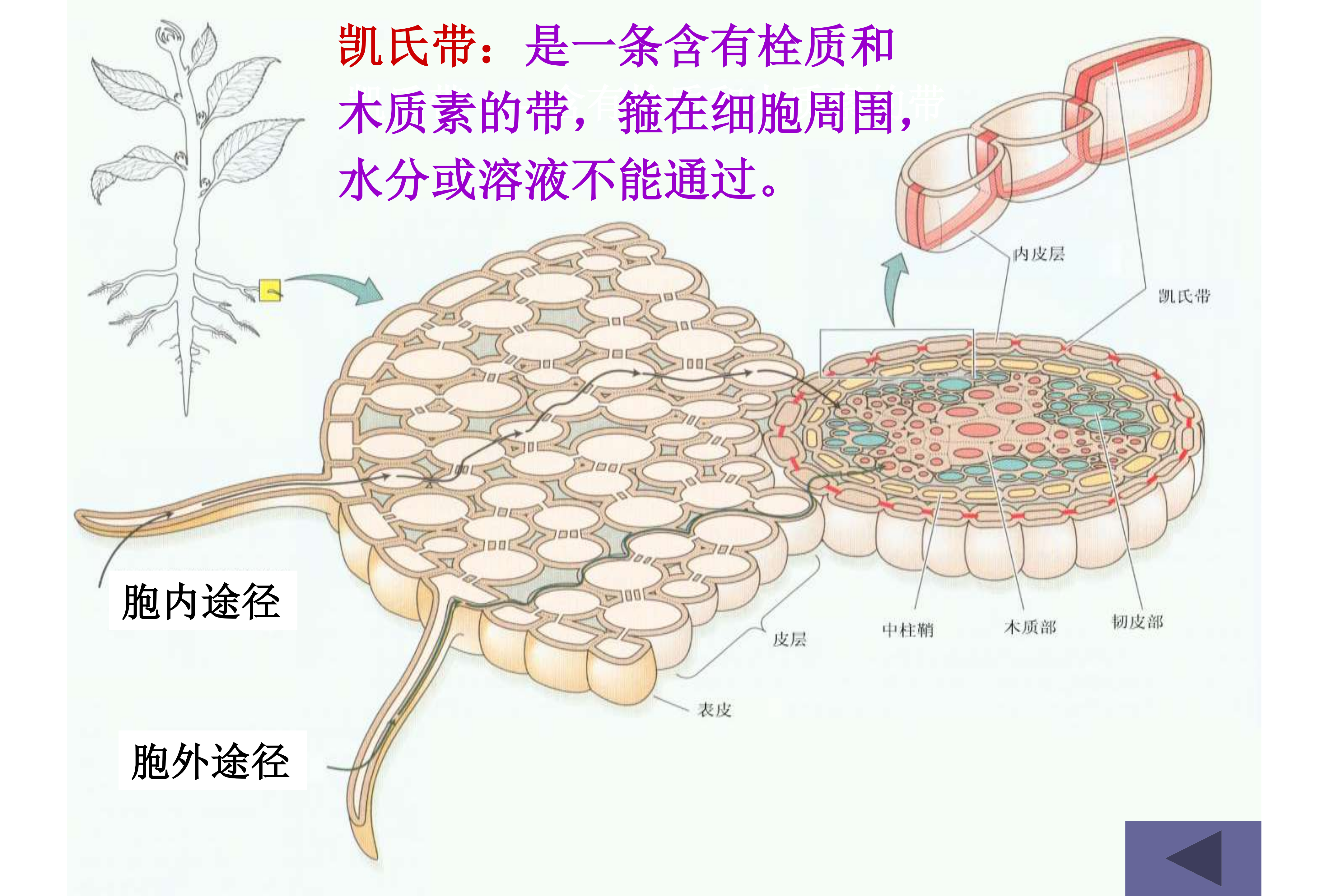
水分（含矿质的稀溶液）进入根中木质部的通路：



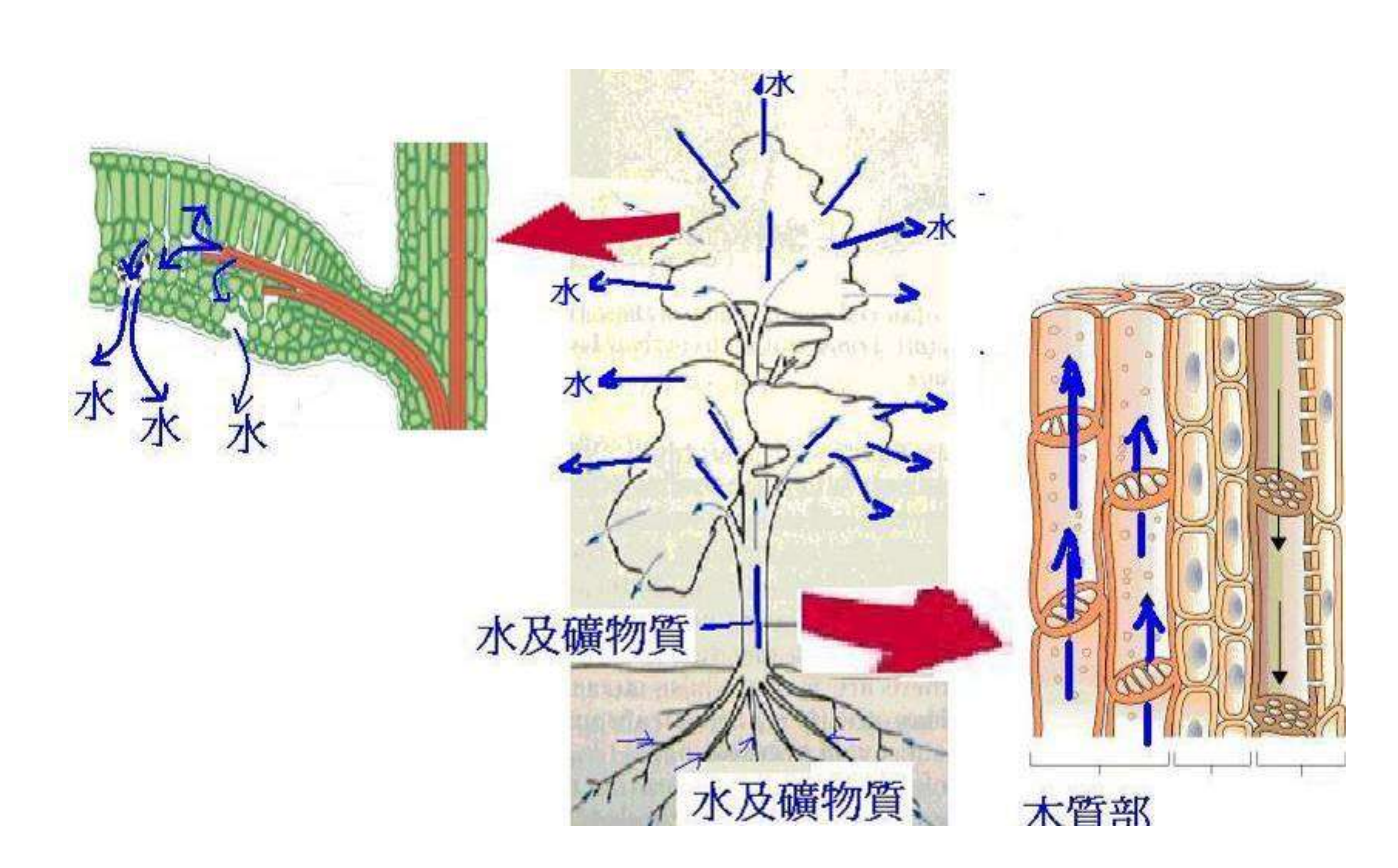
水分进入木质部的路径：

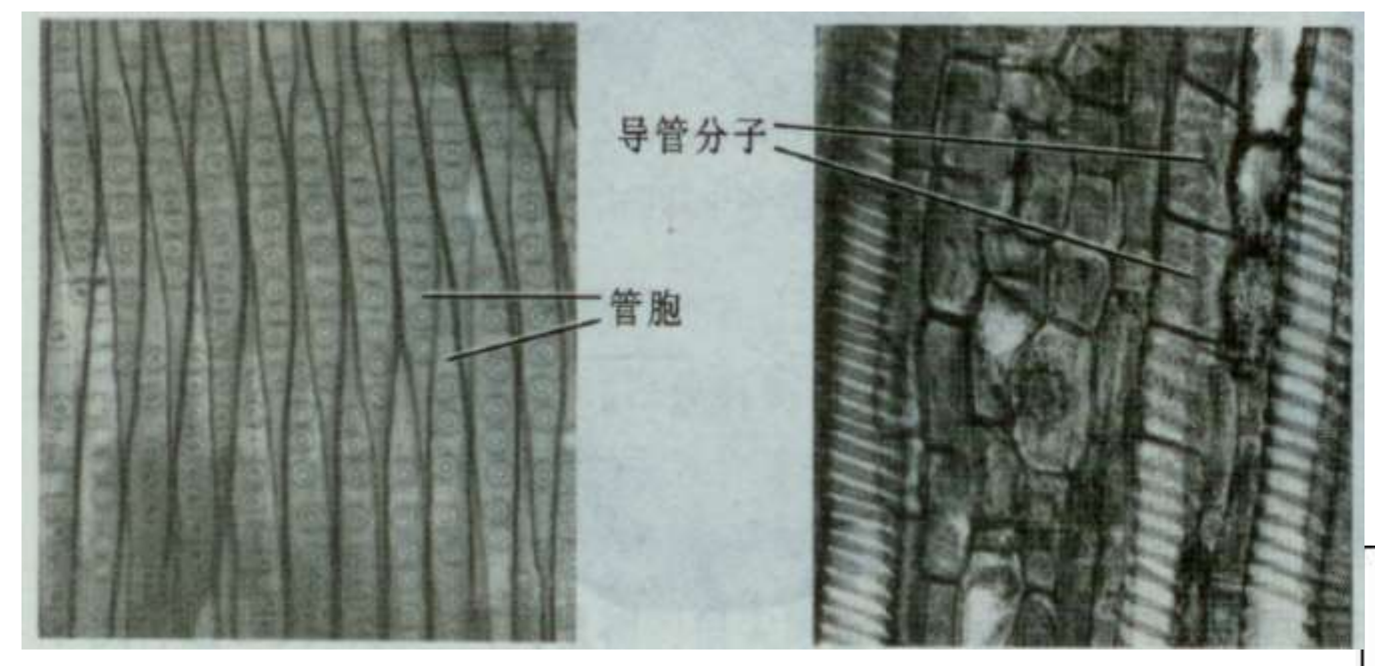
至少要通过质膜一次，
根细胞得以控制养分吸收。



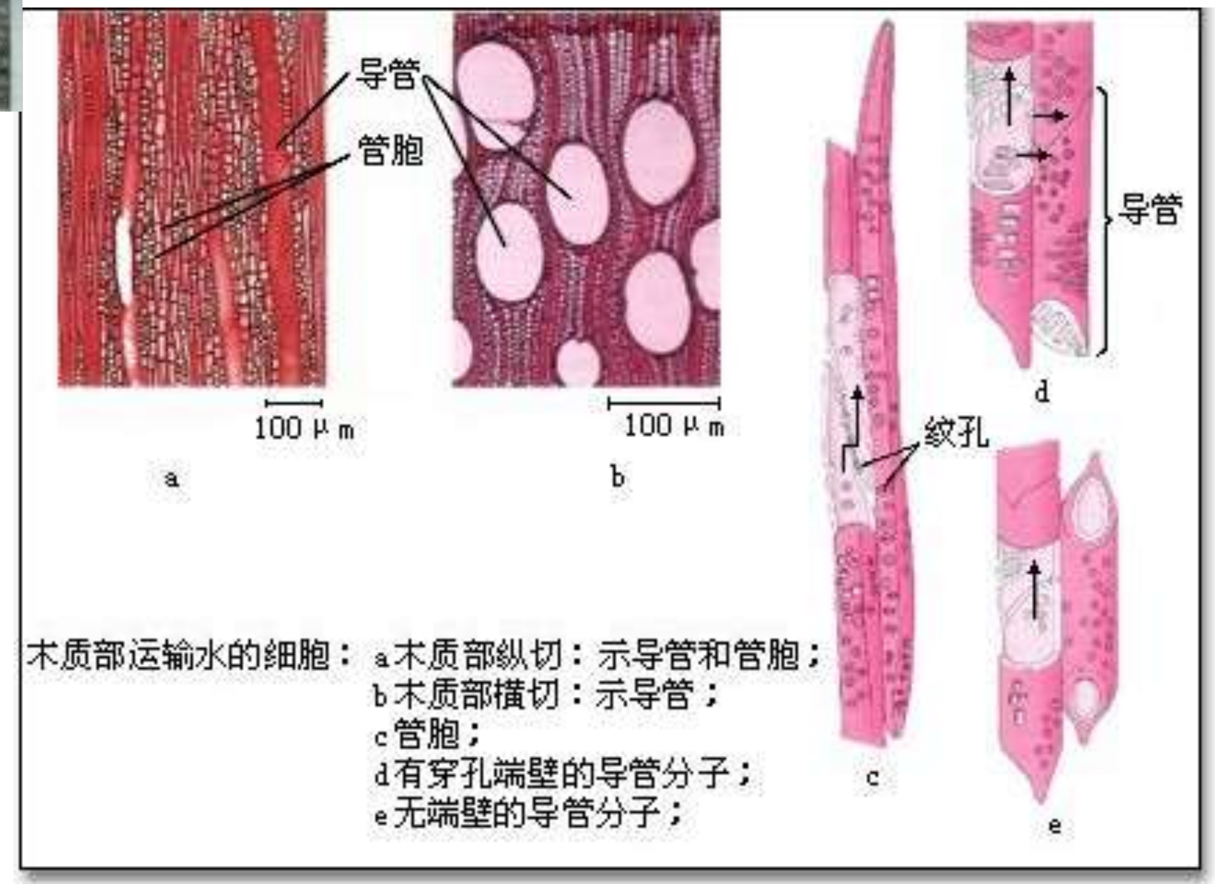

凯氏带：是一条含有栓质和木质素的带，箍在细胞周围，水分或溶液不能通过。
内皮层
凯氏带
皮层
中柱鞘
木质部
韧皮部
表皮
胞内途径
胞外途径

木质部如何使水分和溶于其中的养分从根部运到地上部的呢？





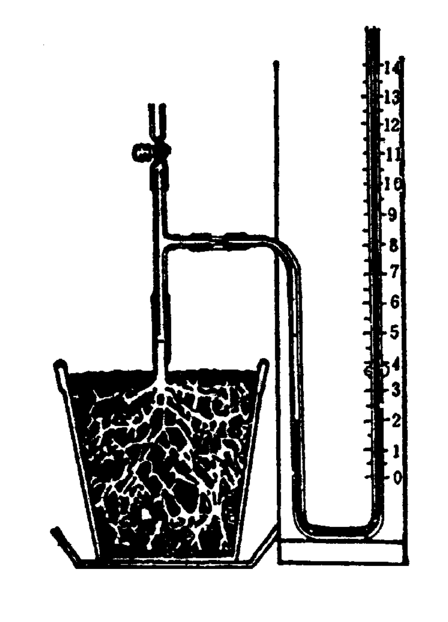
以纹孔或穿孔相通，
木质部汁液在其中流动



木质部运输水的细胞：a 木质部纵切：示导管和管胞；
b 木质部横切：示导管；
c 管胞；
d 有穿孔端壁的导管分子；
e 无端壁的导管分子；

植物体内有没有类似心脏泵动的机制将木质部汁液从根部泵上去呢？

根压(root pressure)的产生：



根细胞 —无机离子泵入（主动运输吸收）→ 木质部（内皮层使离子在此积累）

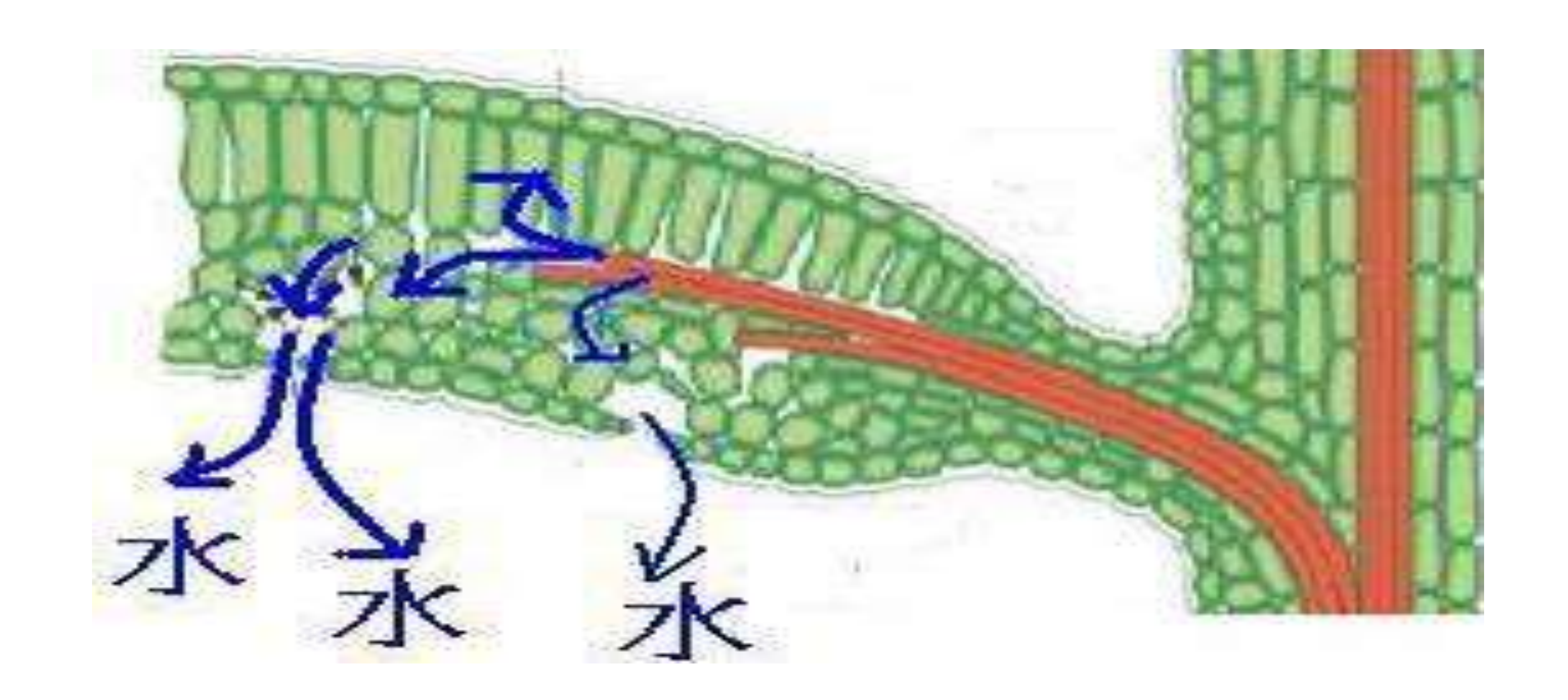
- 当离子积累到一定程度时，水通过渗透作用进入木质部，从而推动木质部汁液向上移动，这种力量称为根压。
- 根压可将木质部汁液推到一二米的高度，但这并不能满足高大乔木的需求。

推　拉

木质部汁液

蒸腾作用（transpiration）：

水分从活的植物体表面（主要是叶子）以水蒸汽状态散失到大气中的过程。



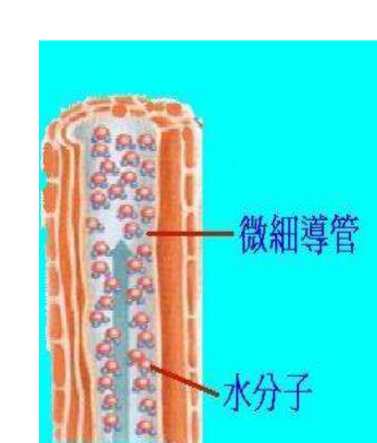
水分从气孔蒸腾散失到空气中，是植物体内水分上升的主要动力

蒸腾作用如何将水分从根部拉上去的?

- 蒸腾作用之所以将木质部汁液从根部拉上去水的两种特殊作用：
- 内聚作用：同种分子彼此粘连在一起。

  水分子-氢键-水分子，水分子从而连成一长串，从叶一直到根
- 黏附作用：不同种类的分子粘连在一起。

  水分子-氢键-纤维素分子，水分子与导管、管胞的细胞壁有黏附力



- 水分子是由叶内潮湿的细胞间隙与外界比较干燥的空气之间的扩散梯度拉出去的。

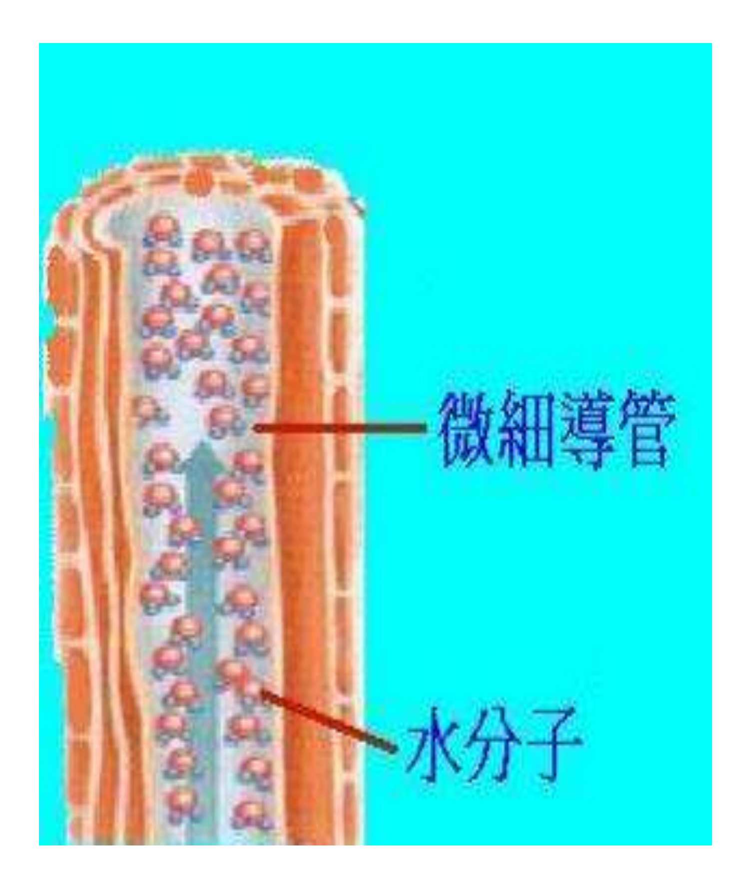
- 内聚力对这种拉力有反作用，但并非能克服它，故水能扩散出去。同时，内聚力和蒸腾作用的拉动作用对余下的一长串水分子产生张力，蒸腾作用继续进行，一长串水分子就处于张力之下，第一个水分子扩散出去，第二个取代其位，所以水柱不断被拉出去。

- 黏附力帮助木质部汁液向上移动，并对向下的重力起反作用。在不发生蒸腾作用时，黏附力还起到维持水柱不下滑的作用。

木质部汁液是如何上升的？ 蒸腾作用-内聚力-张力机制

蒸腾作用拉动一长串水分子，内聚力使其连在一起，黏附力则有助于其上移。

汁液从根部上运并不消耗植物自身能量，是内聚力和黏附力使之上运，尤其重要的是日光能。



蒸腾作用带动木质部导管内水分子的向上拉力

蒸腾作用的利弊：

利：木质部汁液上升的原动力

弊：植物丢失大量的水分

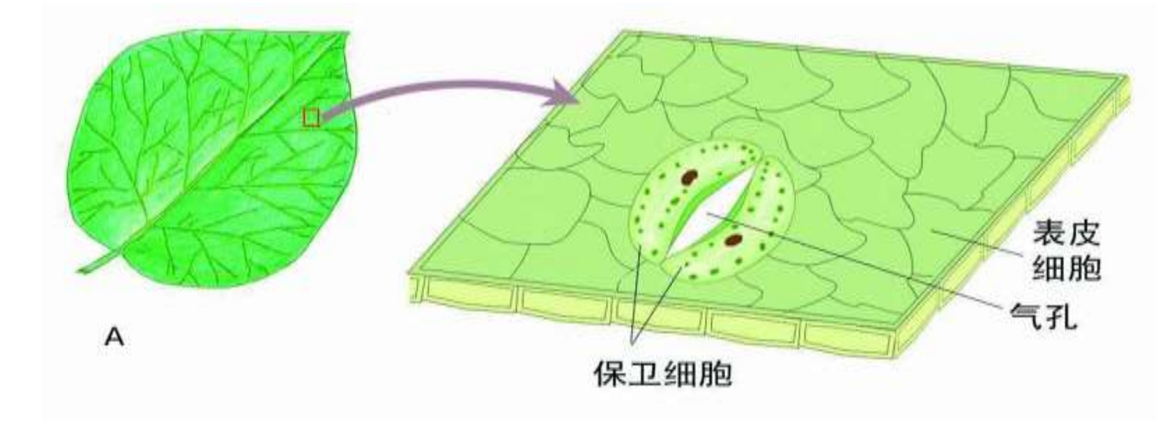
植物对水分平衡的控制机制——气孔运动

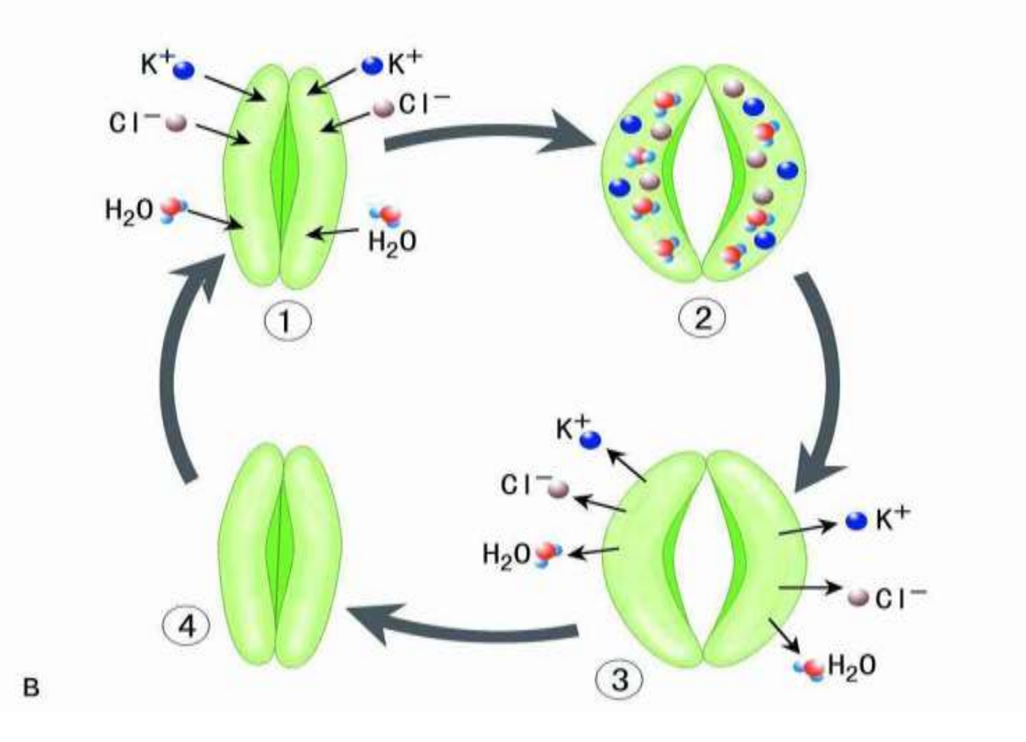
气孔运动：白天开放，晚上关闭。

白天气孔张开以进行光合作用；夜间不能进行光合作用，气孔关闭以减少水分损失 。

气孔运动与保卫细胞的结构特点有关

- 每个气孔都由两个形态特殊可改变形状的保卫细胞包围。
- 保卫细胞仅两端相连，气孔内侧细胞壁较厚，外侧壁较薄。
- 当保卫细胞从周围细胞得到K^+时，水就由于渗透作用而进入其液泡内，于是细胞呈膨胀状态，气孔便张开；相反保卫细胞丢失K^+，水分也丢失，细胞失去膨胀状态，气孔便关闭。





保卫细胞控制气孔开和关的原理示图

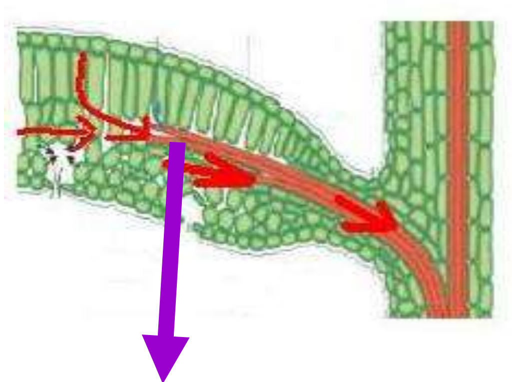
影响气孔开关的因素：光、二氧化碳、生物钟

- 光促进保卫细胞吸收K+和水，故气孔早晨张开。
- 叶中CO_2水平低时也使气孔张开。
- 当白天丢失水分过多时，保卫细胞将气孔关闭。
- 生物钟是植物一天内的计时机制。

气孔的两难

- 利---增加CO_2的吸收量促进光合作用的进行
- 弊---水分大量蒸散，增加缺水危机
- 气孔开闭的机制使植物体在制造糖和节约水之间求得平衡。

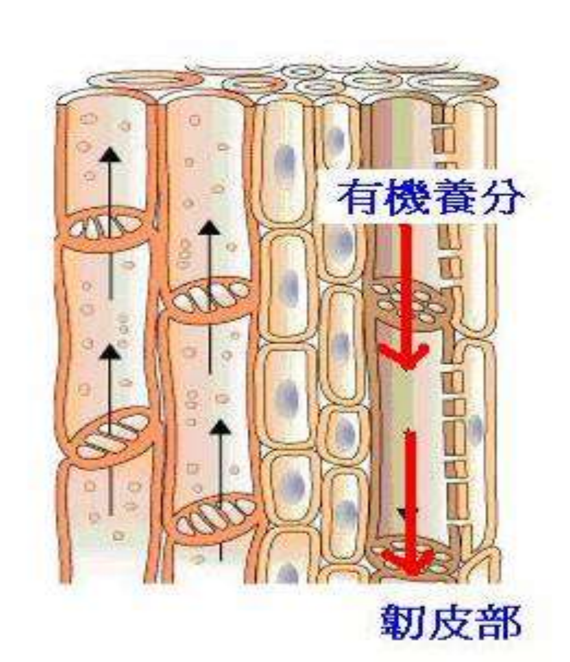
4.糖分在韧皮部中运输



光合作用的产物---

糖类，由韧皮部运送





韧皮部运输养分的特点是在活细胞（筛管分子）内进行的，

而且具有各个方向运输的功能，但一般以下行为主。

韧皮部的结构

韧皮部由筛管、伴胞和薄壁细胞组成。

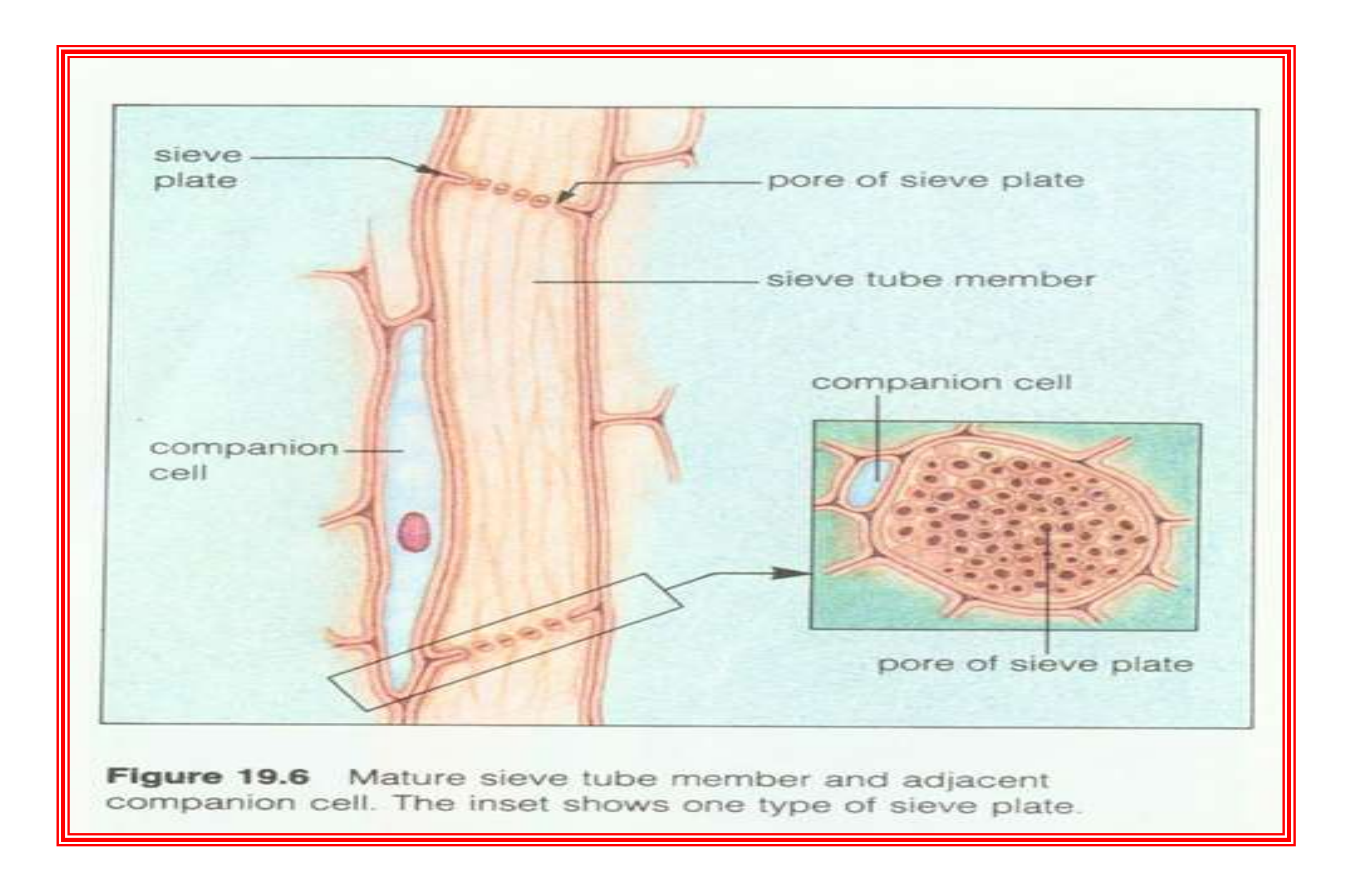


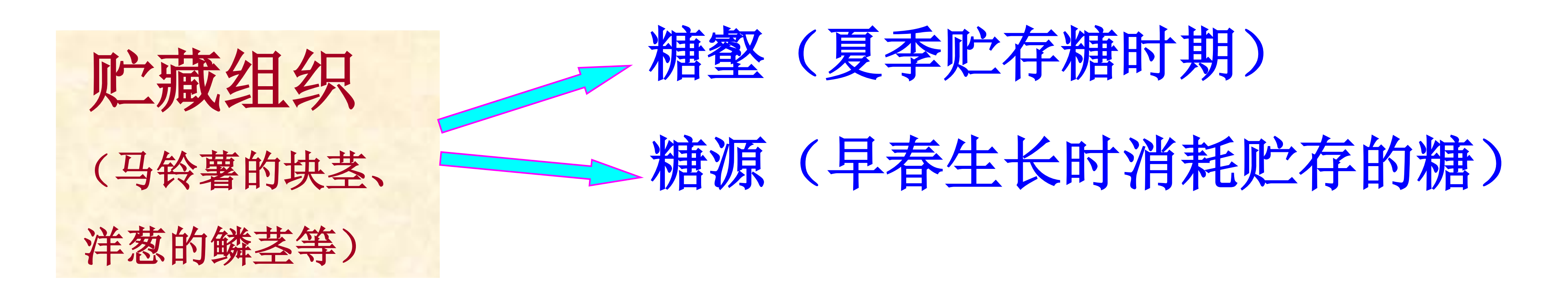
Figure 19.6 Mature sieve tube member and adjacent companion cell. The inset shows one type of sieve plate.

韧皮部汁液的组成：
蔗糖、 微量氨基酸、植物激素和无机离子

运输的方向： 由源到蟸

糖源：产生可溶性糖（由光合作用或淀粉水解均可）的部位。

糖壑：接受糖的部位（贮存或消耗的部位）→ 根尖、茎尖、果实、非绿色组织和树干中的活细胞。



韧皮部组织中每条运输食物的管道：源端 ⟷ 壑端

是什么原因使韧皮部汁液从源流到鄨？

- 其流动速率可高达1m/h，这样高的运输速度，单凭扩散显然是办不到的。如果仅通过扩散，韧皮部汁液需要8年的时间才能移动1m！于是研究者提出一些假说加以解释。
- 目前广泛接受的是由德国植物生理学家 Munch (1930) 提出压流或集流模型

压流或集流模型：

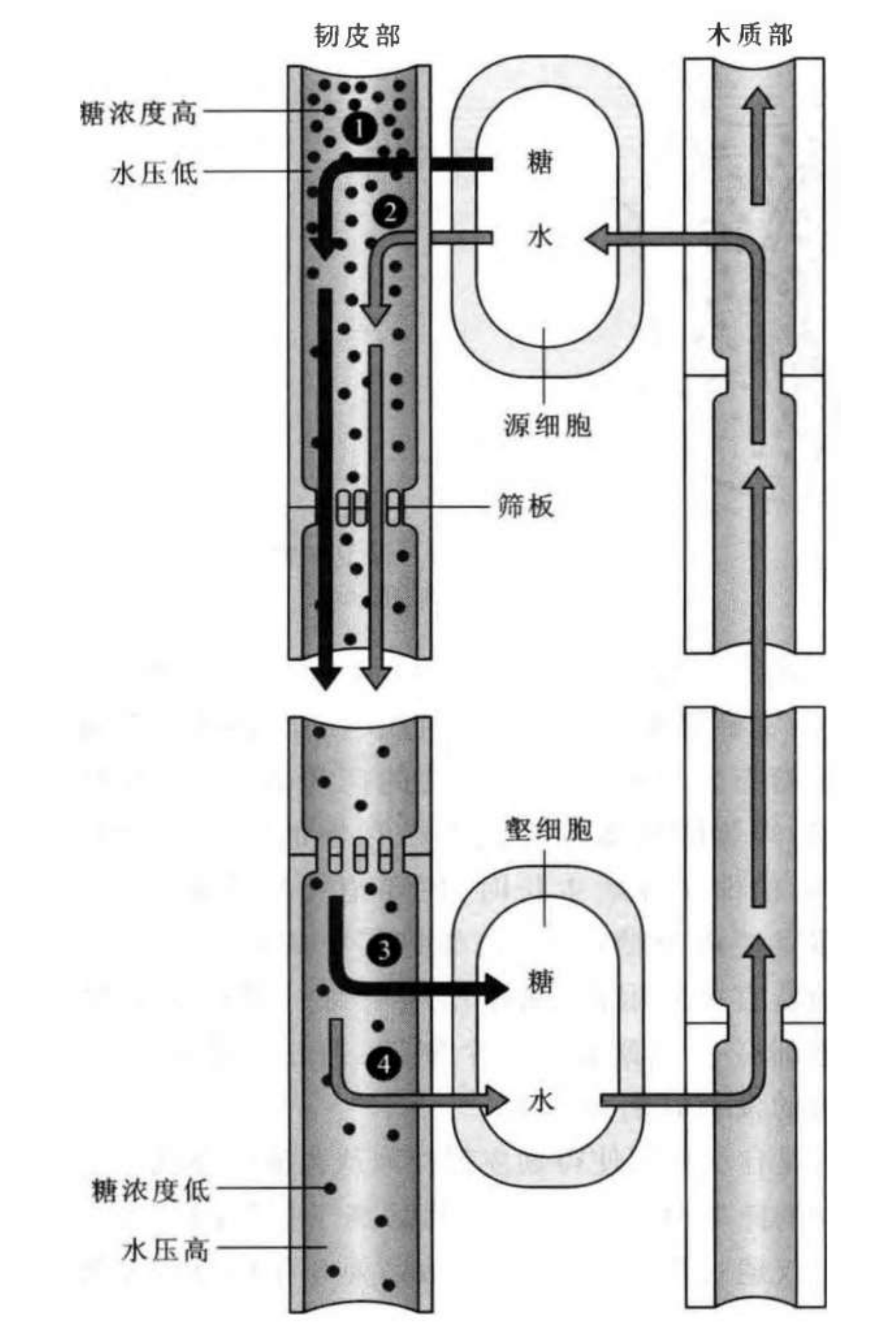
- 在糖源(叶)中，糖被主动转运到韧皮部中①，于是筛管中糖的浓度增高。糖浓度增高的结果，水分也因渗透作用而进入筛管内②，于是此处的水压也增高。
- 在另一端即糖壑端，糖和水都从筛管中外运。糖被运走③，水也因渗透作用而流出④，于是壑端的糖浓度降低，水压也降低。

动力是水压

- 源端水压增高和壑端水压降低使得水从源流向壑。糖是溶于水的、筛板又允许溶质自由流动，所以糖就随着水由源流向壑，其流动速率和水的一样。

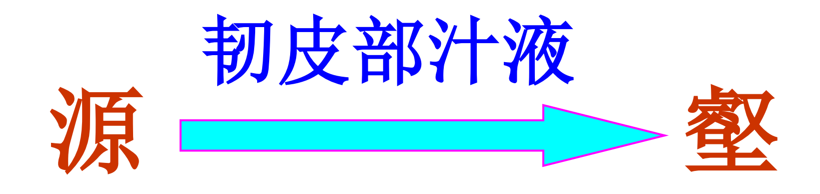
糖分子是随集体而流动的

- 如图所示，水又经由木质部从壑回到源中。



压流或集流模型：

这个模型解释了

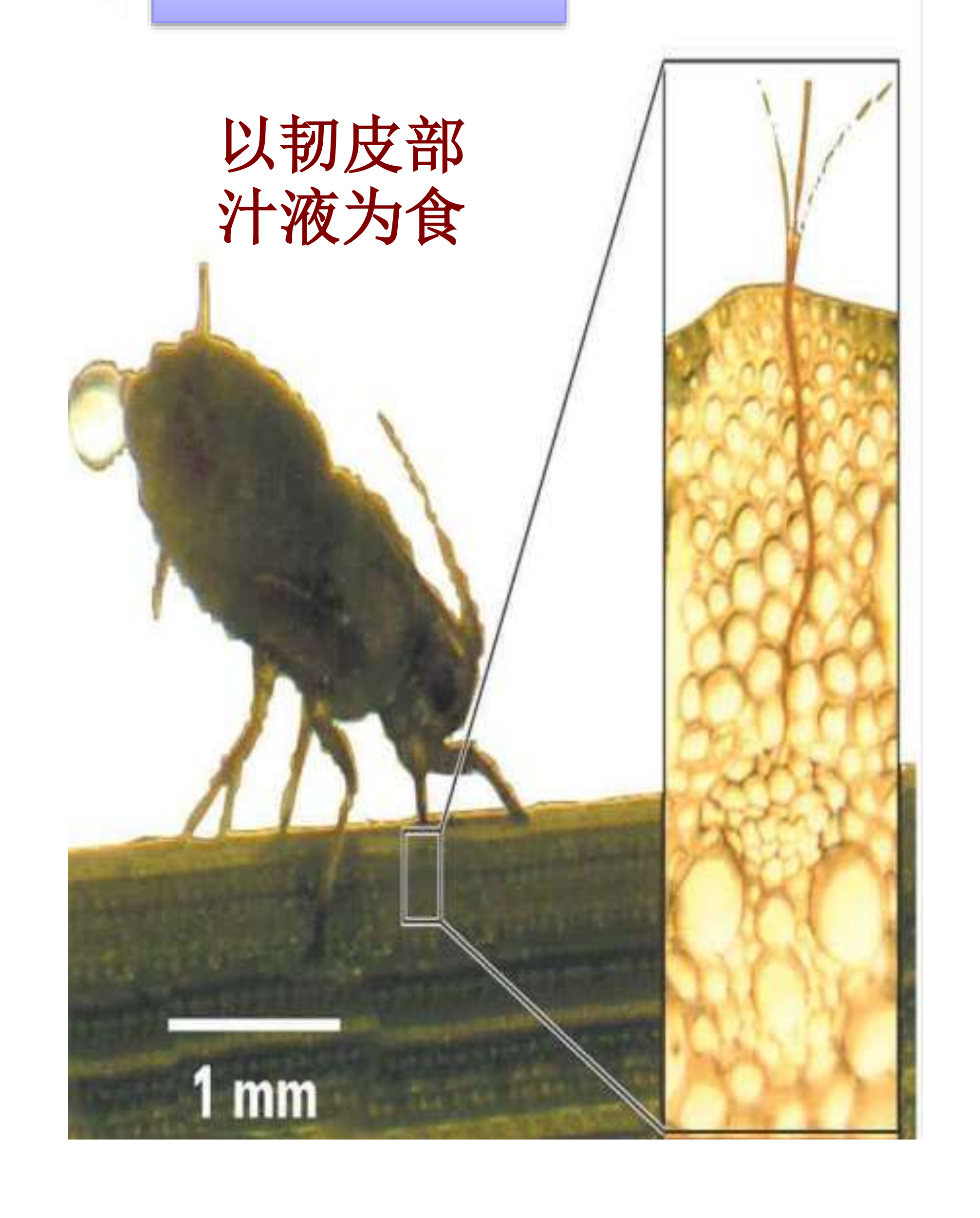


与其位置和流动的方向无关

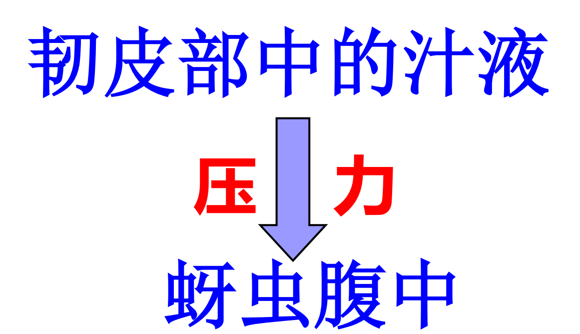
蚜虫吻刺法证明筛管汁液的确存在正压力

韧皮部
木质部
糖浓度高
水压低
糖
水
源细胞
筛板
壑细胞
糖浓度低
水压高

蚜虫吻刺法



当蚜虫吮吸汁液时将其麻醉并切断与口针的连接，口针成为水龙头，韧皮部汁液源源不断的流出，达数小时。



结果证明：

口针距糖源越近，汁液流的越快，其中糖的浓度越高。这正是压流模型所预期的结果。

二、植物的营养与土壤

1. 植物需要17种必需（必要）元素

植物的必要元素(essential element):

完成植物的生活周期——从种子萌发开始到产生下一代种子为止所必须的元素。

确定植物必要元素的方法：水培法

将植物的根部浸泡在溶液中并通入空气进行培养的方法。

植物生长发育正常，
能开花结果，
完成其生活周期



含各种矿物质元素的培养液

缺钾元素的培养液

植株长得矮小，
叶片褪色，
严重时死亡

17种必要元素，按需求量分类：

- 9种大量元素 碳、氧、氢、氮、磷、硫、钙、钾、镁

（6种有机化合物的成分，占干重98%）

- 8种微量元素 铁、氯、铜、锰、锌、钼、硼、镍

在植物体内的功能：辅酶或辅因子的主要成分。

由于微量元素的功能在催化作用方面，可反复利用，因此需要量极小。但是缺乏任何一种微量元素都会导致植物死亡。

植物养分的缺乏

植物中常见氮、磷、钾缺乏：

1、氮的缺乏　　土壤中的有机氮 ↛ 植物

硝酸离子和铵离子 → 植物

缺 ↓ 乏

土壤缺氮



症状：植株矮小，叶片发黄，老叶先出现其症状。

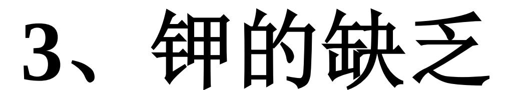
植物中常见氮、磷、钾缺乏：



2、磷的缺乏

$H_2PO_4^-$或HPO_4^{2-} ⟶ 植物

症状：叶子是绿色的但生长缓慢，新生枝叶卷曲脆弱，有时叶背面呈紫红色。



3、钾的缺乏

K^+ ⟶ 植物

症状：叶变黄，叶尖或叶缘上有褐色的坏死斑点。茎和根生长也受阻。

施　　肥

化学肥料：硝酸盐或磷酸盐

有机肥 —微生物分解→ 无机化合物

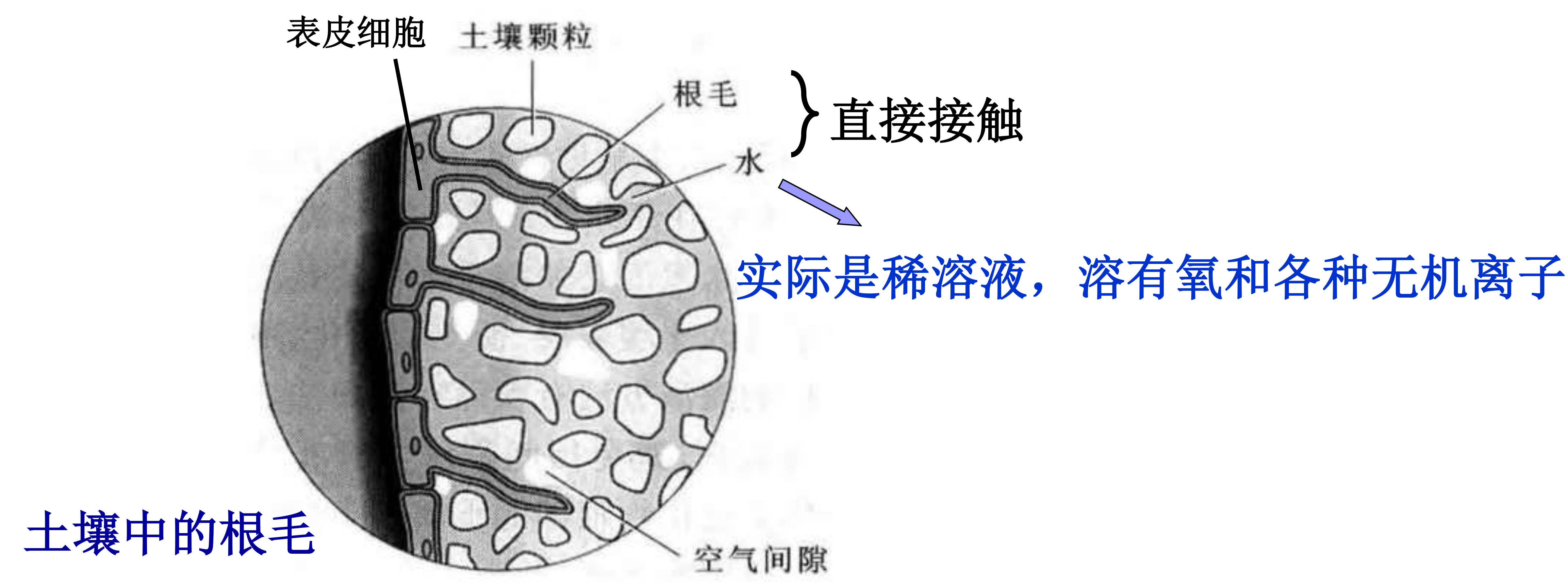
2、土壤对植物的重要性

土壤最上层为表层，肥沃的土壤表层较厚。

表层土

- 岩石颗粒：包括沙和黏土（表面积大，有利于保持水分和养分，又有利于通气，使氧扩散到根部。）
- 腐殖质：正在分解的有机物质——植物养分的重要来源，保持水分，使表土通气良好，利于根的活动。
- 活的生物：包括细菌、真菌、蚯蚓、线虫和昆虫等土壤小动物——使土壤疏松和通气，使土壤的有机物增多。

植物的根一般就分布在表层土中，有的也会伸展到表层以下



通过什么方式吸收呢？

根吸收的是环绕它的一层水膜中的氧、离子和水

根毛获得阳离子和阴离子的机制

- **阳离子：（阳离子交换机制）**

  土壤颗粒带负电，无机阳离子粘附其上；

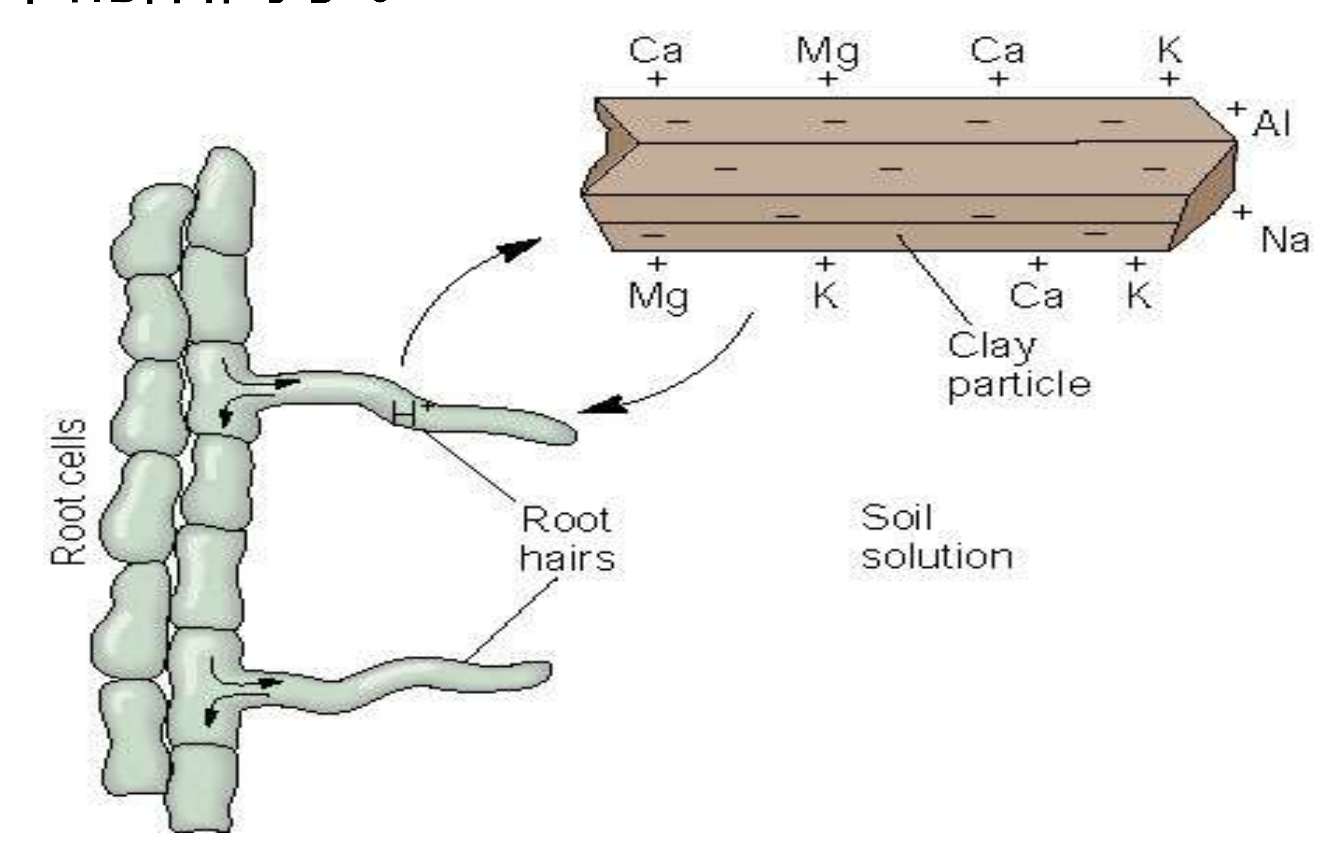
  根毛释放氢离子H^+到土壤溶液中，H^+与土壤颗粒上的阳离子发生交换，根毛吸收从土壤颗粒上交换下来的阳离子。

- **阴离子**：

  不能粘附在土壤颗粒上，

  易被植物吸收但也易被淋失，

  所以土壤中常常缺氮。



1、正确灌溉

2、防止土壤被侵蚀

3、正确施肥



- 保持可持续发展：

正确滴灌、正确施肥、防止土壤被侵蚀

- **漫灌 → 喷灌和滴灌**
- **土壤被侵蚀（土壤板结、腐殖质减少、农药的使用）**

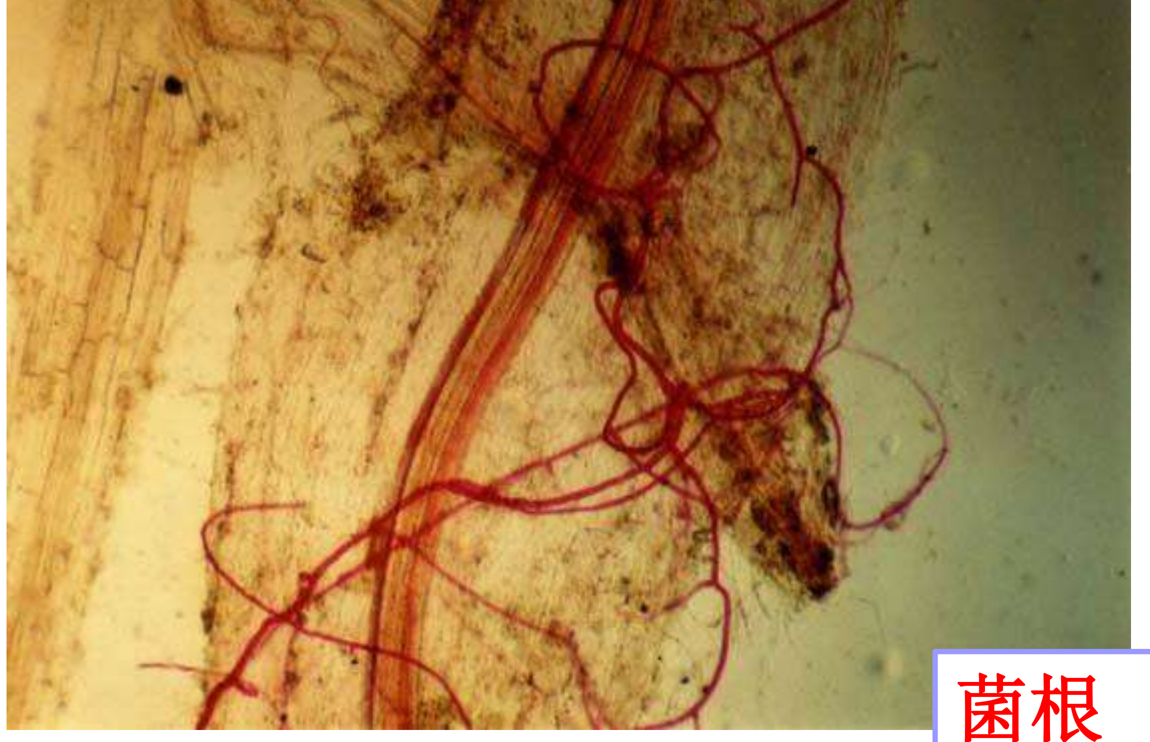
  →田边种树、坡地营造梯田

- **化学肥料 → 农家肥、垃圾肥（生活垃圾和污泥肥）**

3、真菌和细菌对植物营养有特殊作用

- **两种高等植物与微生物共生的现象。**

植物与真菌



植物与细菌



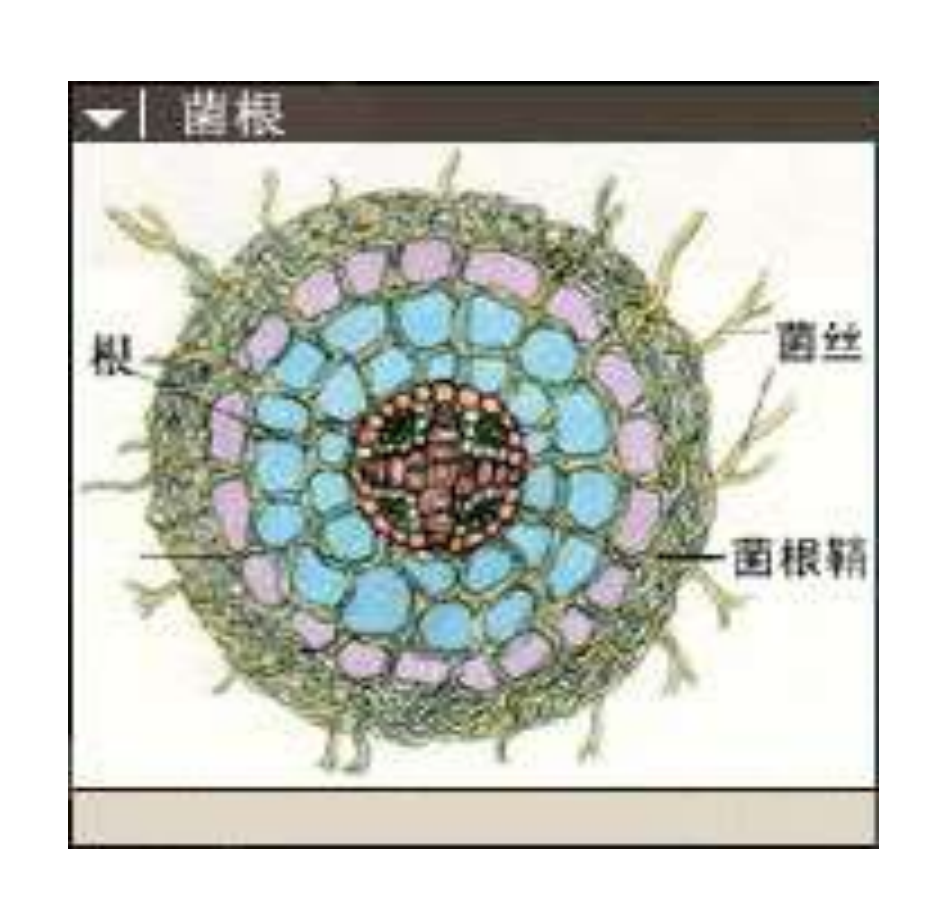
1、真菌与植物共生

- 菌根(mycorrhiza)：许多植物的根与真菌共生而获得更大的表面积，这种共生体的双方是互惠的，植物供应真菌以光合产物，**真菌帮助植物吸收更多的水分和养分**，这种共生体称为菌根。

- 菌根有外生菌根、内生菌根和内外生菌根。

- 外生菌根：幼根的表面，形成菌根鞘，只有少数菌丝侵入表皮和皮层细胞的间隙中。

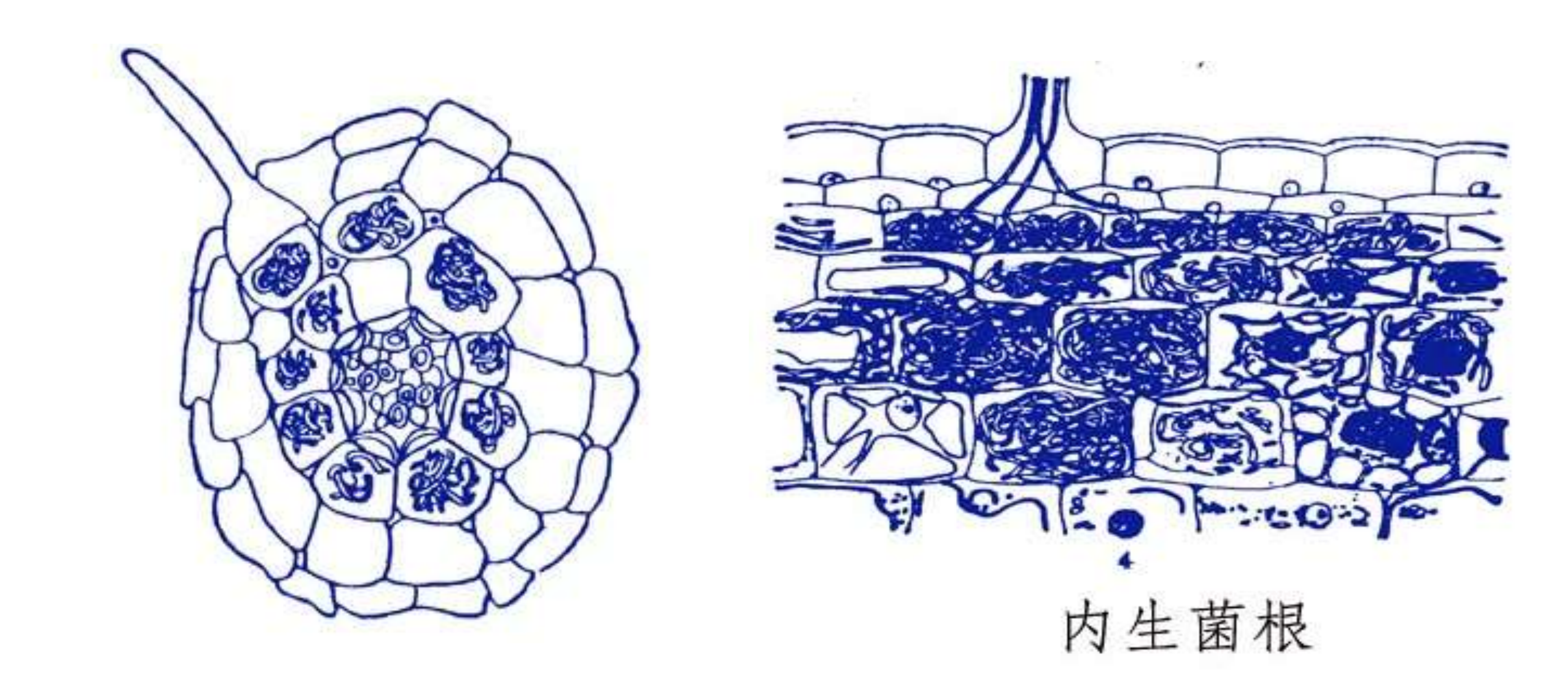
如：许多木本植物如松、水杉、山毛榉。



外生菌根

- **内生菌根**：通过表皮**进入皮层的细胞腔内**，菌丝在细胞内盘旋扭结。
- <u>促进根内的物质运输、加强根的吸收机能</u>。

如兰科、桑属、银杏。



菌根的形成对植物非常有利的适应：

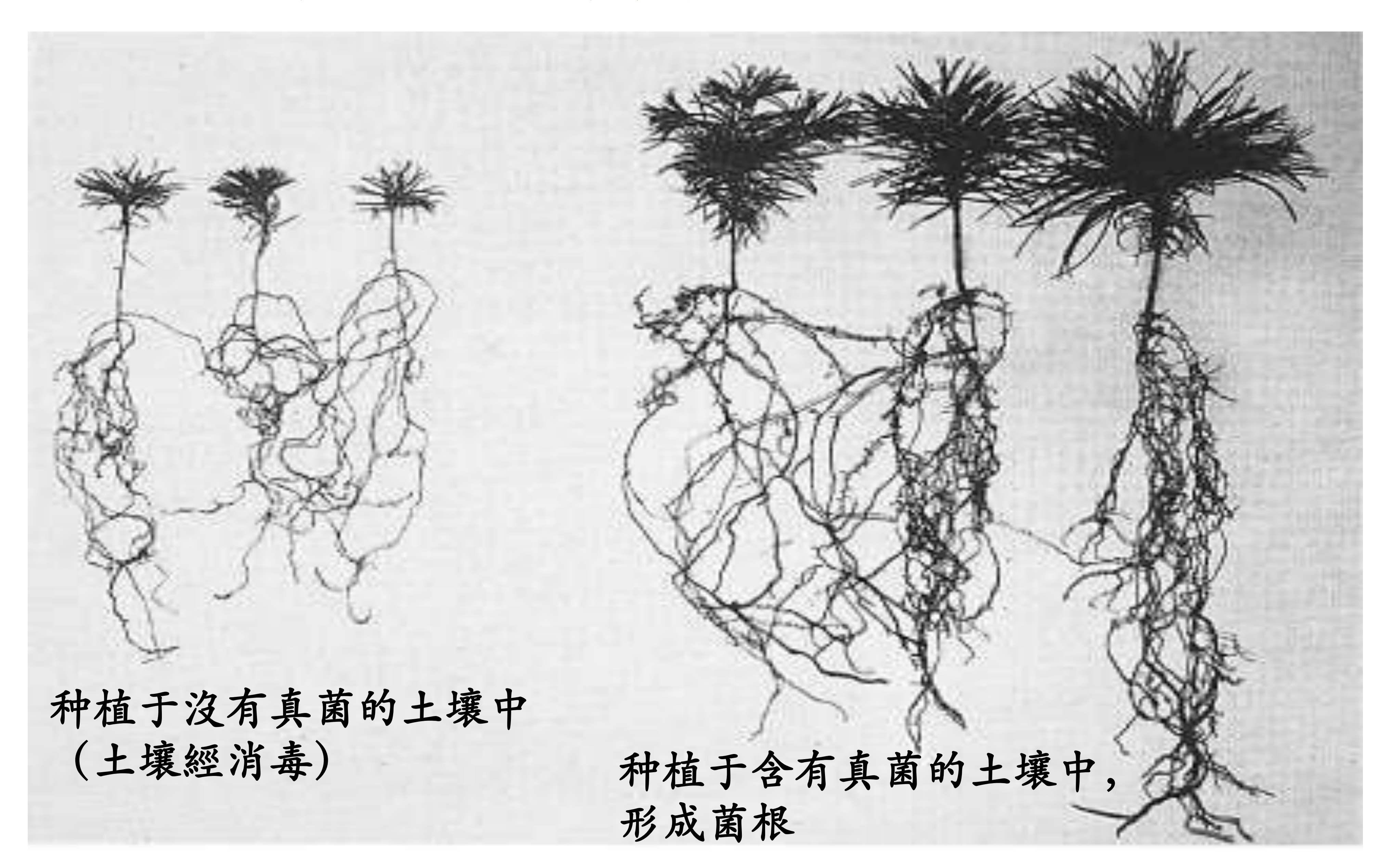
①增加植物对水及无机盐的吸收（菌丝能吸收大量的水分和养分，其中一部分被运送到植物体内）。

②真菌分泌一些酸，有助于某些矿物质的溶解，利于植物吸收。

③保护植物使其免受土壤中某些病原微生物的侵害。

菌根研究的实际意义：向某些作物接种适当的真菌而减少施肥量。

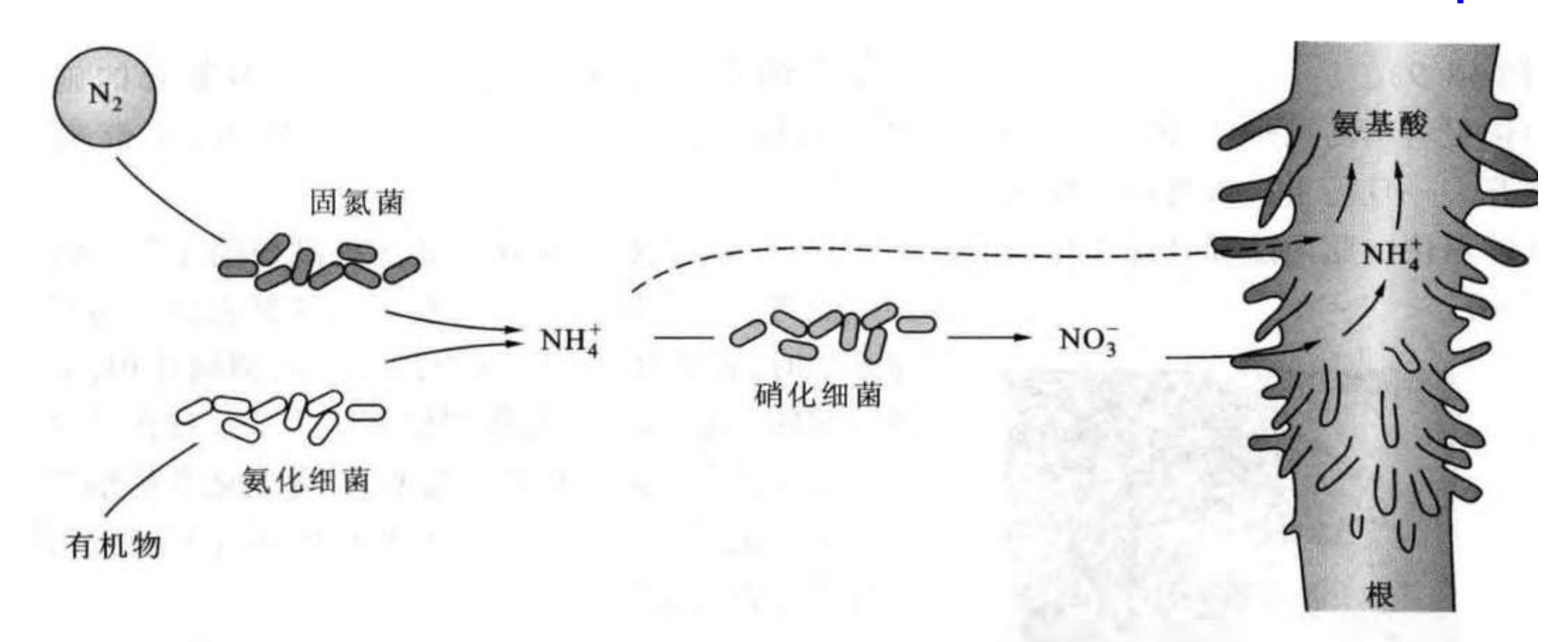
植物缺乏菌根时生长不良



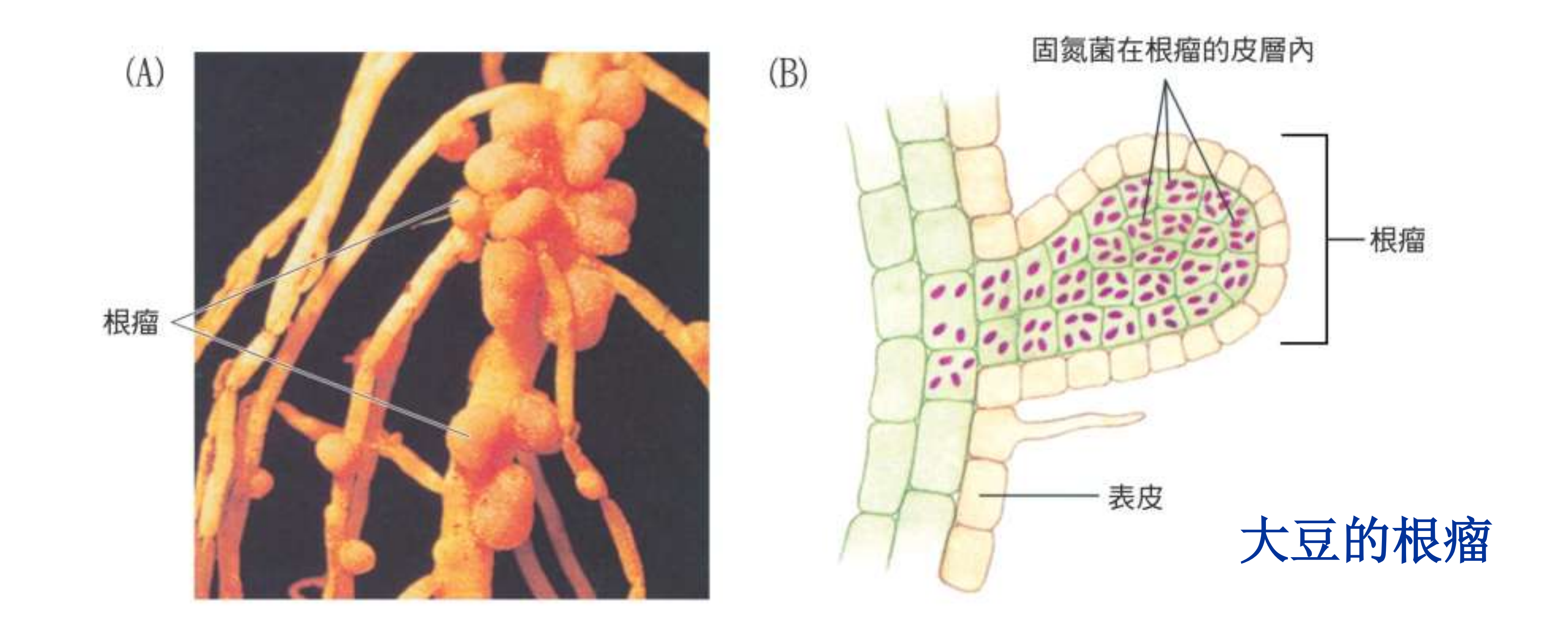
2、植物与细菌的关系

有机氮或氮气 —细菌→ NO_3^-或NH_4^+

- 固氮作用：固氮菌将大气中的N_2转化为NH_4^+的过程。
- 氨化作用：氨化细菌将土壤中的含氮有机物转化为NH_4^+的过程。



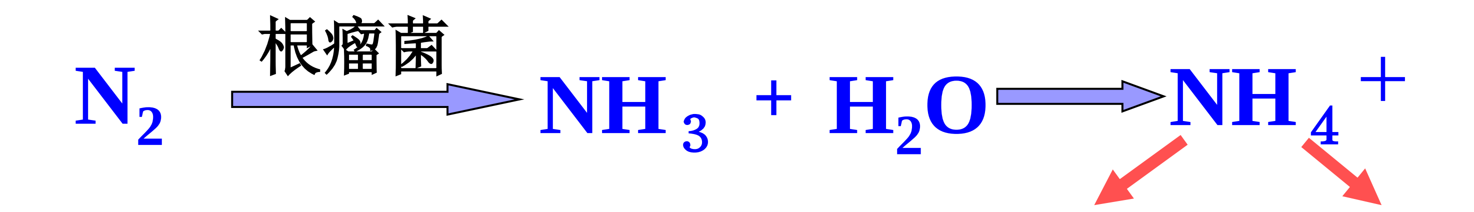
根瘤：是植物根上产生的瘤状突起，主要发生在豆科植物（大豆、花生、豌豆）的根上，是土壤中的固氮细菌侵入植物的根内形成的共生结构。



大豆的根瘤

非豆科植物的根瘤中有放线菌。

根瘤菌(含有固氮酶)有生物固氮的作用。



供植物体合成含氮化合物。

将多余的NH_4^+分泌到土壤中，增加其肥力。

“种豆可以肥田”

轮作：一个生长季节种粮食作物如小麦，另一个生长季节中豆科植物。

轮作可以增产。

轮作中常用的植物：



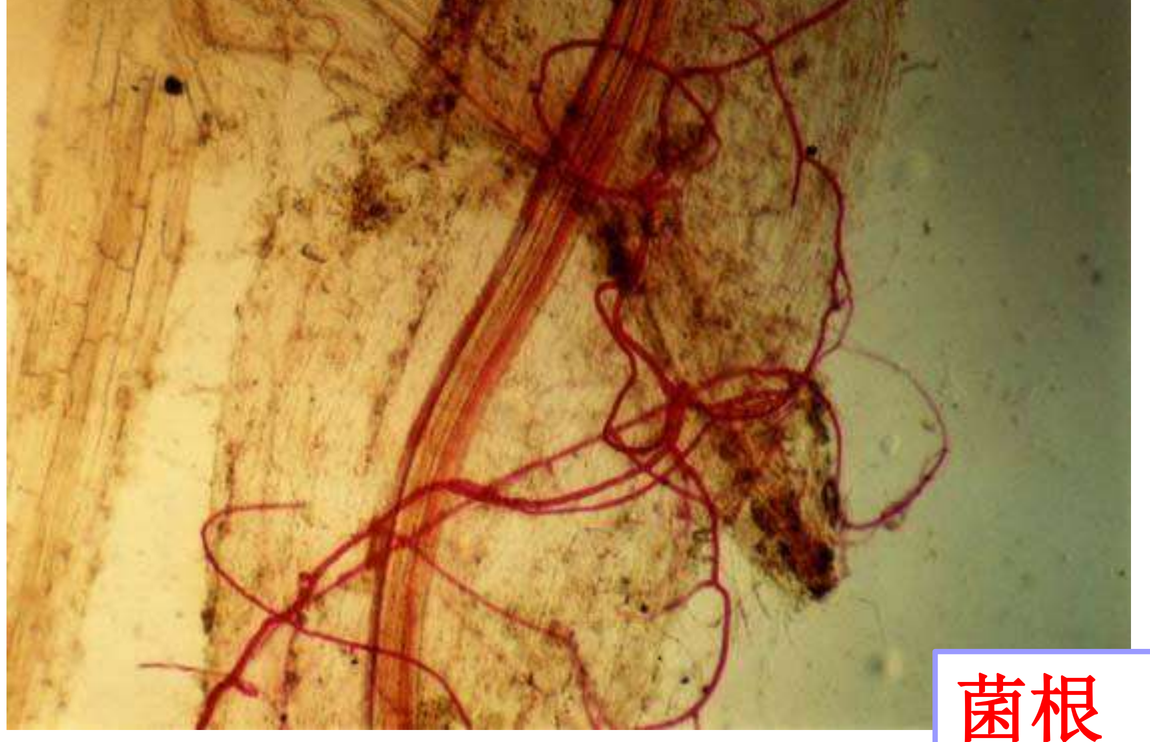


有时候根本不收获豆类植物，直接把它全部翻入土中，称为绿肥。

3、真菌和细菌对植物营养有特殊作用

- **两种高等植物与微生物共生的现象。**

植物与真菌



菌根

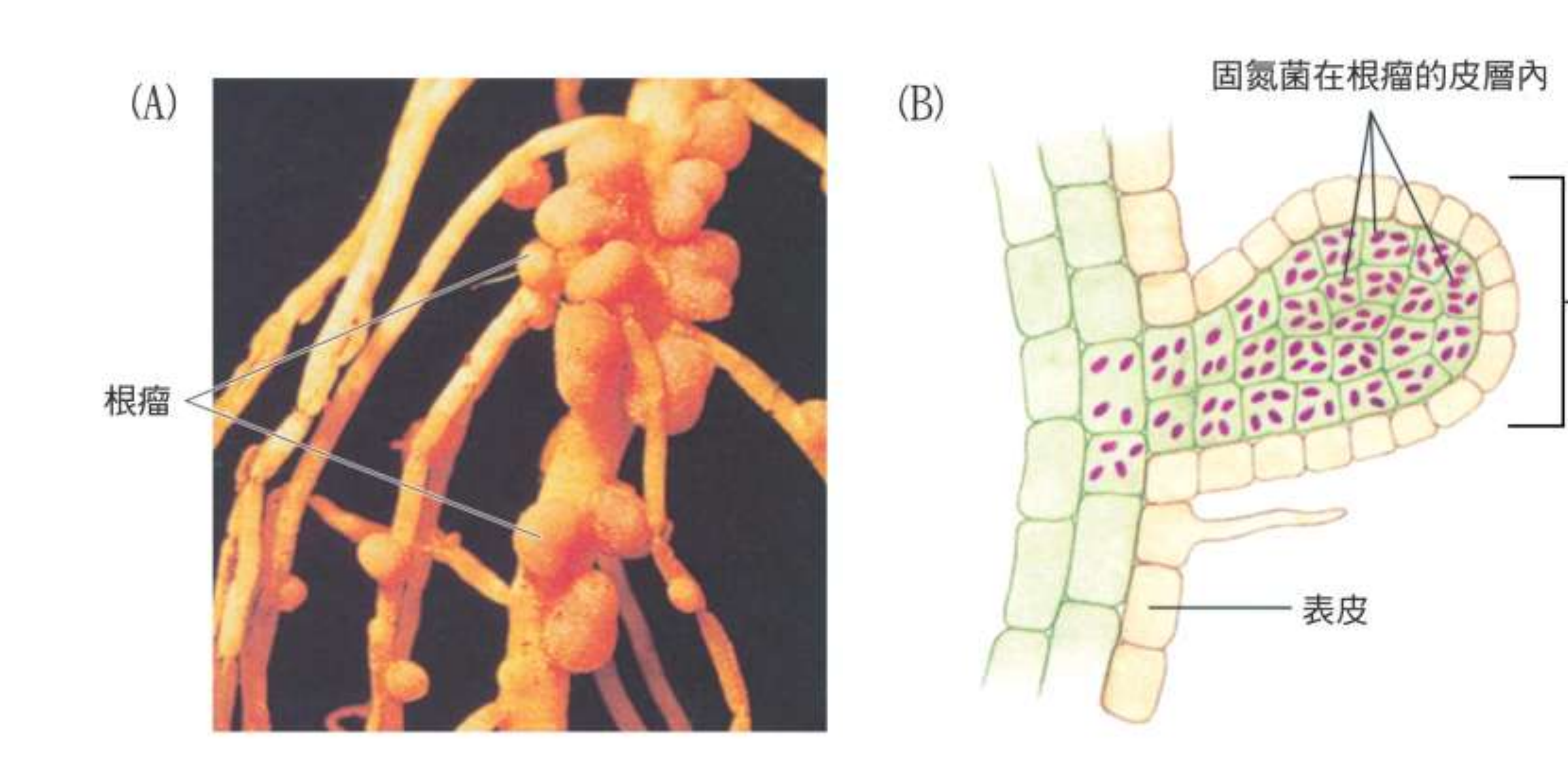
植物与细菌

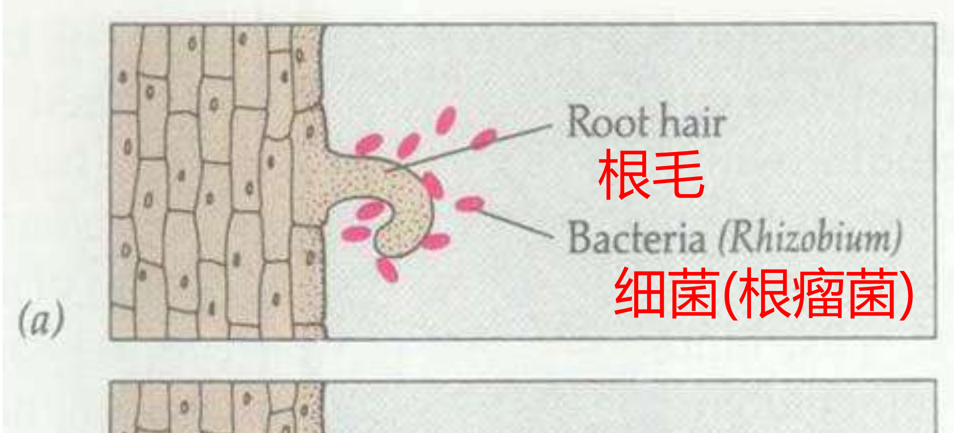


根瘤

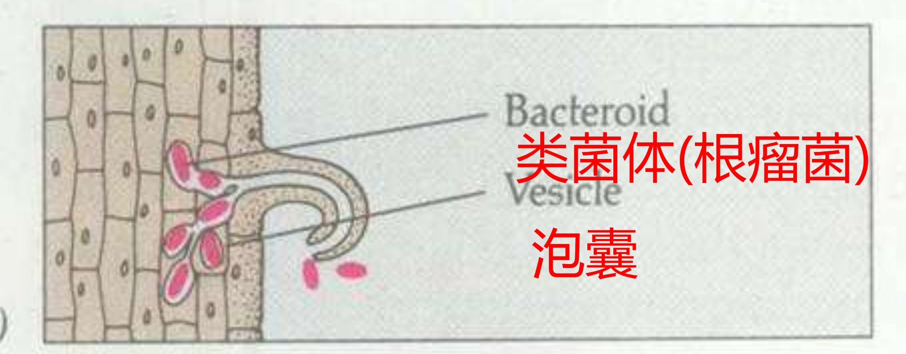
■ 根瘤（root nodule）：

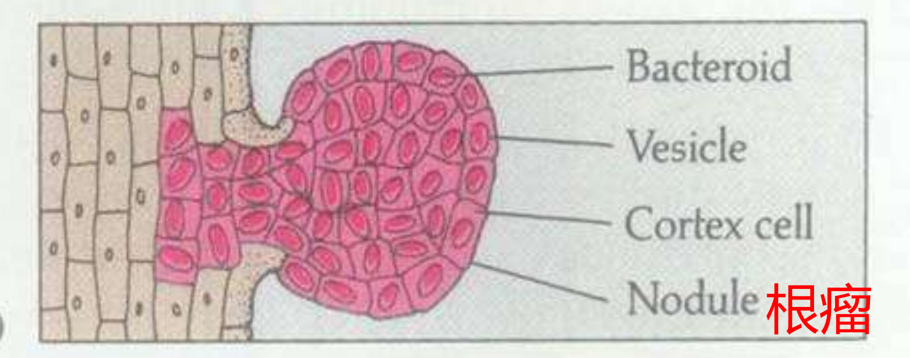
根瘤菌（细菌）自根毛侵入，存在于根的皮层薄壁细胞中，并在皮层细胞中迅速分裂增殖，并刺激皮层细胞进行细胞分裂，结果皮层细胞数量增加，体积膨大，形成根瘤。











根分泌物质吸引根瘤菌

根瘤菌入侵：

产生分泌物使根毛卷曲、膨胀，

并使根毛顶端细胞壁溶解，根瘤菌经此处侵入根毛，

并在根毛中滋生，

根瘤菌沿侵入线侵入根的皮层，并迅速在该处繁殖。

皮层细胞受刺激，迅速分裂，形成根瘤。

4、营异养生活的植物

植物
- 自养的(绝大多数)
- 异养的(少数)
  - 寄生植物：菟丝子、槲寄生
  - 食虫植物：茅膏菜、猪笼草

寄生植物：菟丝子、槲寄生

菟丝子：无叶绿素，不能进行光合作用，其根深入到寄主植物的维管束吸收其中的有机物质。







寄生植物：菟丝子、槲寄生

槲寄生：能进行光合作用，从寄主植物的维管束中吸取养分，补充其营养。



两者均会因为遮光太甚或吸取光合产物过多导致寄主植物死亡。

食虫植物：从动物获取养分，它们主要获取的是含氮化合物。

这些植物生长在酸性很强（有机质分解慢）的沼泽地，氮素缺乏。

利用昆虫作为氮源是食虫植物的一种适应，

使得它们能在其它植物不能生长的地方生长。

食虫植物的结构与它们的食虫功能相适应



食虫植物：茅膏菜、猪笼草

茅膏菜叶呈盘状，上面有顶端膨大的腺毛——其顶端释放粘稠的含糖分泌物，吸引昆虫，昆虫的来临引发腺毛弯曲，于是叶片包裹昆虫。然后分泌液体消化吸收虫体的营养物质。



茅膏菜变态叶



食虫植物：茅膏菜、猪笼草

猪笼草以生有形如猪笼的捕虫囊而著称。捕虫囊是一种变态叶，囊中有腺体，可分泌蜜汁，引诱小虫进入并将其粘住，再分泌消化液将其消化并吸收虫体的营养物质。



5、植物营养与农业有密切关系

需要提高粮食作物中蛋白质含量

- 提高根瘤菌的固氮能力，不受含氮化合物增多的抑制
- 基因工程创造出新的营养价值更高的植物，创造出固氮效率更高的植物，将固氮基因转移到非豆科植物上